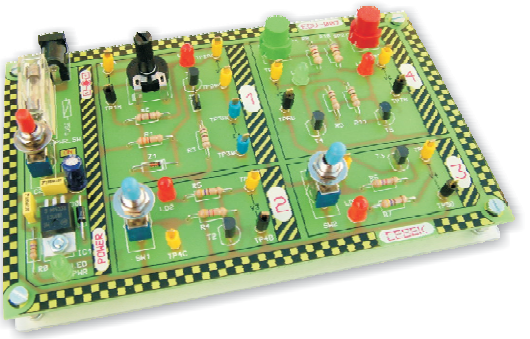
MODULES EDUCATIFS.

Pour l'ENSEIGNEMENT et la PRATIQUE de l'ELECTRONIQUE

www.cebek.com

EDU-007. Les Transistors bipolaires NPN et PNP.



EDU-007

L'Edu-007 décrit les bases du fonctionnement des transistors bipolaires NPN et PNP. Les différentes expériences du module permettent de monitoriser les trois régions de fonctionnement du transistor : active, coupure et saturation, nécessitant seulement un alimentateur et un multimètre pour pouvoir les développer.
Cette leçon pratique est fournie avec des schémas de fonctionnement interne de la structure du transistor.

- **Leçon pratique 1**. Le transistor bipolaire. Définition et fonctionnement.
- **Leçon pratique 2**. Fonctionnement du transistor comme source de courant.
- **Leçon pratique 3**. Le transistor interrupteur NPN.
- **Leçon pratique 4**. Le transistor interrupteur PNP.
- **Leçon pratique 5**. Balance R.S. avec transistors.

EDU-007. Les transistors bipolaires NPN et PNP.

Garantie et Considérations.

Les modules Educatifs Cebek de la série EDU présentent plusieurs leçons pratiques pour analyser, expérimenter et apprendre les connaissances de base sur le thème en question. Leur fonction n'est cependant pas de faire un mini-cours sur chaque matière, mais de complémenter, de servir de base et de permettre l'expérimentation sur le matériel théorique du professeur. Pour cette raison, nous recommandons l'utilisation des modules EDU sous la supervision et l'attention de l'enseignant.

Cebek n'offre pas de service de consultations en ce qui concerne la théorie ou les principes de fonctionnement concernant le sujet traité par le module. Il offre seulement une assistance technique relatives aux questions ou aux problèmes émanant du fonctionnement intrinsèque du circuit.

Tous les modules Cebek de la série EDU bénéficient d'une garantie totale de 3 ans en composants et main d'œuvre. Les pannes ou dommages dû à des causes externes au circuit, à des connexions erronées, ou à une installation ou un fonctionnement non spécifiés dans la documentation du module ne seront pas couverts par la garantie; il en sera de même pour toutes erreurs de manipulations,. Pour tout problème, il faudra présenter la facture d'achat de l'appareil.

Pour contacter le département technique, envoyez un message à sat@cebek.com, ou un fax au N°+34.93.432.29.95 ou encore un courrier à l'adresse suivante: CEBEK, c/Quetzal, 17-21, 08014 Barcelona (SPAIN).

Réglementation et Identification des Eléments de la série EDU.

Pour faciliter une identification rapide et une réglementation unique pour les différentes leçons pratiques et circuits des modules éducatifs Cebek, tous les éléments communs répondent à un code de couleur ou à une forme.

Test Point. (TP).

Il permet de connecter les pointes de l'oscilloscope ou du multimètre pour réaliser les lectures des paramètres relatifs à la leçon pratique. Selon sa couleur, il indiquera que le Test Point (TP) est connecté au positif ou au négatif du circuit, lecture de courant, de tension, charge, etc.

TP. ⊕ circuit
Rouge

TP. ⊖ circuit
Noir

TP. Tension
Jaune

TP. Courant
Bleu

TP Sans courant ou TP AC.
Blanc

Commutateur / Interrupteur.

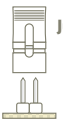
Selon la couleur du capuchon, vous contrôlerez le voltage, le courant, ou l´alimentation.

Alimentation
Rouge

Courant
Bleu

Tension
Jaune

Logique
Vert



Jumper.

Il permet de fermer ou d´ouvrir un signal ou circuit

Point important.

Point important, rappel ou partie à mémoriser.

EDU-007. Les transistors bipolaires NPN et PNP.

Avant de commencer...

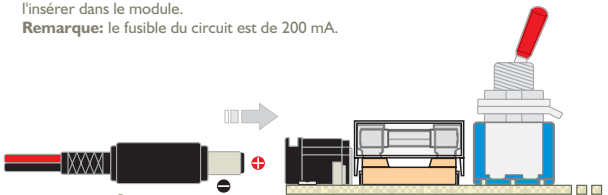
Avant de commencer une leçon pratique, il est important de lire attentivement son manuel d'instructions et les indications correspondantes.

Réalisez correctement les connexions au niveau des points de contact indiqués, sinon les mesures qui dépendent de ces connexions seront confuses ou incorrectes.
Ne pas réaliser ni court-circuiter des connexions non spécifiées dans les instructions car le circuit pourrait être endommagé.
Si la led de l'alimentation "PWR" ne s'allume pas ou si sa fonction cesse soudainement, déconnectez vite l'alimentation du dispositif et vérifiez qu'il ne se produise aucun court-circuit, ainsi que l'état du fusible.
Bien que les leçons décrites puissent se réaliser en suivant les indications du manuel, nous vous recommandons la supervision d'un enseignant pouvant vous conseiller et vous apporter une aide sur les concepts décrits.

Dans le circuit, chaque leçon pratique sera délimitée par un rectangle avec le numéro correspondant. Une ou plusieurs expérimentations seront décrites sur cette leçon.

Alimentation du module.

Le module doit être alimenté par une tension de 12 V.D.C. Il faudra utiliser une source d'alimentation stabilisée de laboratoire ou bien la source d'alimentation Cebek FE-113.
L'alimentation du circuit se réalise uniquement par l'intermédiaire du connecteur mâle de la plaque, **aucun type de signal ne devra être injecté sur n'importe quel autre terminal du circuit**. Une fois alimenté, le circuit fournit des tensions nécessaires pour expérimenter sur chaque leçon pratique.
Pour la connexion de l'alimentation, le module dispose d'un câble dont l'une des extrémités présente un connecteur mâle et l'autre des terminaux nus du câble. Connectez chacun des terminaux à la sortie correspondante de la source d'alimentation, en respectant la polarité du connecteur. Pour finir, vous pourrez l'insérer dans le module.
Remarque: le fusible du circuit est de 200 mA.



Connecteur femelle

Connecteur mâle

Matériel nécessaire.

Vous n'aurez besoin d'aucun matériel ni de composants additionnels pour expérimenter avec ce module. Il suffira des instruments de mesure nécessaires pour pouvoir obtenir et comparer les valeurs des leçons pratiques. Pour ce module, vous aurez besoin d'un ou plusieurs multimètres avec sa fonction de voltmètre ou ampèremètre. Si vous disposez d'un Oscilloscope, vous pourrez aussi l'utiliser pour remplacer le voltmètre.

Bibliographie.

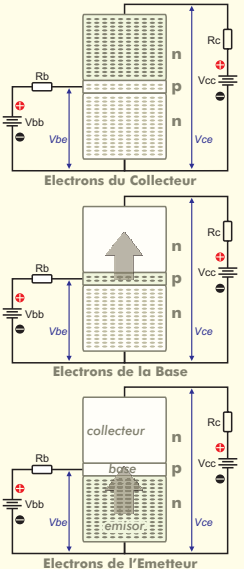
- Principes de l'Electronique. E. McGraw-Hill. Auteur: Albert Paul Malvino.
- Sur Google: Le transistor bipolaire | BC547 | BC557

Leçon pratique 1. Le transistor bipolaire. Définition et fonctionnement.

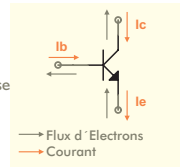
Le transistor a été inventé en 1951 par le physicien William Schockley. Son analyse des porteurs minoritaires dans l'union « P-N » et leur rôle dans l'injection et la recollection des porteurs ont permis la création du transistor d'union, formé d'une planche de matériaux P-N-P.
Le nouveau composant, avec seulement un courant minime de basse impédance, produisait une augmentation considérable de puissance à haute impédance, ce qui ouvrirait les portes à l'amplification de signaux de radio et télévision.
Le transistor pouvait également agir comme interrupteur de courant, en réalisant des opérations binaires. Ainsi, plus tard l'intégration d'un ensemble de transistors sur un fragment en silicium donna naissance au circuit intégré, et avec celui-ci, le point de départ transcendantal de l'électronique et de l'informatique.

Un transistor peut être en silicium ou en germanium. La différence principale entre l'un et l'autre réside sur la valeur des barrières de potentiel, 0,7 V à 25 °C pour le transistor en silicium et 0,3 V pour celui en germanium. Bien que leur fonctionnement électrique soit similaire, le transistor en silicium est le plus commun et le plus utilisé dans le secteur industriel.
Le transistor se divise en trois zones « de dopage », l'émetteur, la base et le collecteur. Lorsque la configuration enferme une zone P entre deux N, on l'appelle transistor NPN, et lorsque c'est une zone N qui est limitée entre deux zones P, il s'agit d'un transistor PNP. Les unions entre les zones de dopage se situent entre l'émetteur et la base, et entre la base et le collecteur.

Polarisation du transistor



En appliquant une source d'alimentation entre la base et l'émetteur, (Vbb), les électrons libres de l'émetteur se déplacent jusqu'à la base. Etant donné que celle-ci est très étroite et qu'elle n'est pratiquement pas dopée, elle permet aux électrons de disposer du temps de vie nécessaire pour se glisser jusqu'au collecteur et pour circuler à travers Rc jusqu'au positif de la source Vcc ; le pourcentage de perte dans la base à travers Rb jusqu'au positif de Vbb es très bas, normalement inférieur à 1%.
L'émetteur agit comme un générateur d'électrons, donc on définit Ie = Ib + Ic.
Cependant, étant donné que le courant de base est très faible en comparaison avec celui du collecteur, il se peut que Ic soit approximativement égal à Ie.



A partir de la relation des trois courants du transistor, on obtient les paramètres qui établissent le gain et que chaque fabricant offrira dans ses caractéristiques. La valeur Alfa de D.C. est égale au quotient du résultat obtenu par la division de Ic par Ie.
La valeur de Beta en D.C. d'un transistor correspond à la valeur obtenue en divisant Ic par Ib.

Leçon pratique 2. Fonctionnement du transistor comme source de courant.

La valeur Beta en continu représente le gain de courant d'un transistor, et permet d'obtenir par l'intermédiaire d'un faible courant de base un courant très supérieur du collecteur.
En appliquant les formules suivantes, selon la valeur de Ib ou de Ic, on peut obtenir l'amplification du transistor avec la valeur Beta.

$$Ib = \frac{Ic}{\beta_{dc}} \qquad Ic = \beta_{dc} \cdot Ib$$

β_{dc}= Valeur Beta en continu
Ib= Courant de Base Ic= Courant du Collecteur

Le transistor peut travailler en trois zones de fonctionnement: la zone active, la zone de coupure, et la zone de saturation.
La leçon pratique 2 montre une application de fonctionnement du transistor dans la zone active, par l'intermédiaire d'une polarisation de l'émetteur.

Le circuit fonctionne comme une source de courant constant, en adaptant les changements de la tension d'alimentation pour maintenir toujours un même courant d'émetteur. Cette application a une utilité spéciale dans les circuits d'alimentation de leds. Le potentiomètre RV1 et R2 constituent un diviseur de tension qui permet d'ajuster l'alimentation du circuit de la leçon pratique, (Vcd), entre 4,5 et 8,5 V. approximativement. Le led, placé en série, devrait modifier sa luminosité selon l'alimentation appliquée, mais paradoxalement, le courant reste inaltéré. La source d'alimentation constante sur la base (établie à environ 3,1 V) et la résistance d'émetteur permettent un courant constant de collecteur/émetteur. Installez un voltmètre entre les points tests TP1A et TP1B, et un autre voltmètre entre TP2A y TP2B ; installez aussi un ampèremètre entre TP3A et TP3B en retirant le jumper afin de permettre la lecture en série.
Comme l'indique le schéma, une augmentation de Vc est absorbée proportionnellement par Vce.

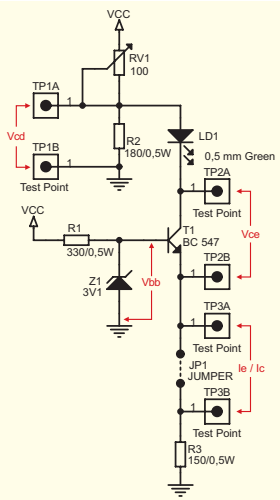
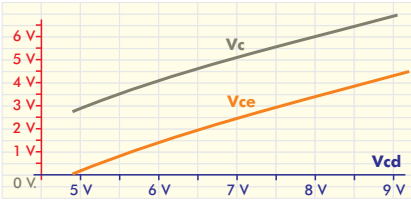


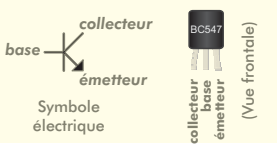
Schéma Electrique de la Leçon pratiqu



Ve= Vbb - 0,7
Vc = Vcd - Ic . Rc
Vce= Vc - Ve

Leçon pratique 3. Le transistor interrupteur NPN.

En plus du fonctionnement dans la zone active, un transistor peut aussi agir dans des zones dénommées zone de coupure et zone de saturation, dont la fonction primordiale n'est pas l'amplification mais un travail en commutation.



Dans la leçon pratique 3, on utilise un transistor NPN BC547 pour configurer un transistor qui travaille en commutation, ou interrupteur. Le symbole électrique du NPN est représenté comme l'indique le schéma (où apparaît également la configuration des pins du BC547).

Le fonctionnement d'un transistor bipolaire en mode commutation équivaut toujours à un fonctionnement en mode coupure ou en mode saturation, avec une tension de contrôle et une tension de sortie.

Il faut utiliser deux voltmètres ; un entre les points tests TP4C et TP4B pour monitoriser la tension de contrôle du circuit, et un autre entre TP4A et TP4B pour la lecture de la tension de sortie.

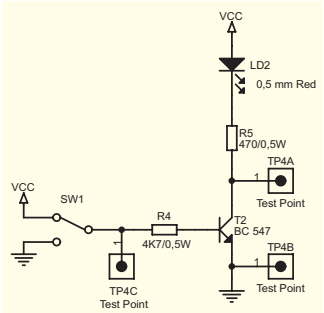
L'interrupteur SW1 assume la tension de contrôle. Il applique à la base du transistor, polarisée par l'intermédiaire de R4, la valeur de Vcc ou il l'envoit à la masse.

Lorsque TP4C est connectée à la masse, le transistor se situera dans la zone de coupure, et la tension collecteur-émetteur sera égale à la tension maximale fournie par le circuit

Si Vcc = 8,2 V. approx, Vce = Vcc - Vled. Le transistor en mode coupure équivaut à un circuit ouvert, par conséquent, le circuit du led ne peut pas se connecter à la masse et permettre son illumination.

En commutant SW1 et en injectant Vcc dans TP4C, le transistor passera à la zone de saturation et se comportera comme un court-circuit, un interrupteur fermé, permettant ainsi que le circuit du led se ferme à la masse et donc s'illumine.

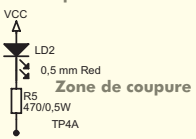
Afin d'assurer un fonctionnement du transistor dans la zone de saturation, on recherche la « saturation dure », grâce à laquelle on s'assure que le transistor travaille



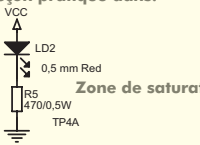
Shéma électrique de la leçon pratique 3

De manière pratique, il existe une norme pour assurer la saturation dure d'un transistor, qui consiste à utiliser une résistance de base 10 fois supérieure à la résistance de collecteur.

Circuit équivalent du transistor de la leçon pratique dans:



Zone de coupure

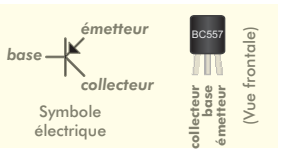


Zone de saturation

Les transistors bipolaires NPN et PNP.

Leçon pratique 4. Le transistor interrupteur PNP.

Le fonctionnement du transistor en mode commutation n'est pas restreint seulement au NPN logique, la polarisation de base est également utilisée de la même manière dans les transistors PNP.



L'équivalent du transistor BC547 en configuration PNP est le transistor BC557, celui-ci maintient la même configuration des pins et les caractéristiques sont presque identiques. Le symbole électrique du PNP est différent du NPN, comme le montre le schéma.

Un transistor PNP monte les zones dopées contrairement à un NPN, donc son fonctionnement doit être considéré en mode inversé.
Dans la leçon pratique 3, on commutait le circuit à la masse par l'intermédiaire de l'émetteur, la charge était référée au positif. Avec le PNP, en échange, le circuit se commutera au positif et la charge se réfèrera au négatif.

Connectez un voltmètre entre les points tests TP5C et TP5B pour monitoriser la tension de contrôle du circuit et un autre voltmètre entre TP5A et TP5B pour le circuit de sortie. La tension de contrôle s'injecte également par l'intermédiaire d'un interrupteur, dans ce cas SW2, sur la résistance de base R6. Cependant, ici, lorsque TP5C est connecté à Vcc, le transistor, (T3), agira dans la zone de coupure et fonctionnera comme un interrupteur ouvert, en empêchant l'alimentation du led.

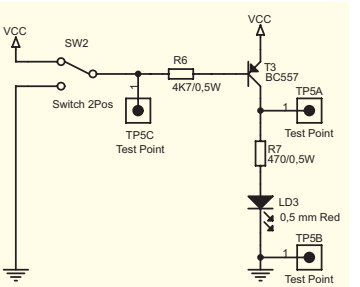
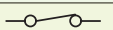
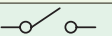
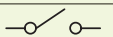
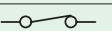


Schéma Electrique de la Leçon pratique 4

Lorsque TP5C est connecté à la masse, le transistor T3 demeurera saturé, et se comportera comme un interrupteur fermé, Vce sera égale à la tension maximale permise par le circuit, (Vcc - Vled), et le led s'illuminera.

En observant le fonctionnement des deux transistors, NPN et PNP en commutation, on remarque que les deux fonctionnent comme une porte inversée. Dans le NPN, une tension positive fournit le négatif à la charge, et dans le PNP, le négatif fournit la tension positive à la charge. Ainsi, quelque soit le signal de contrôle, on peut contrôler l'activation/désactivation d'un second signal en utilisant le transistor correspondant.

Fonctionnement du transistor en mode Commutation.

Signal de Contrôle	Circuit de sortie	
⊕		
0 V.		
	npn	**pnp**

Leçon pratique 5. Balance R.S. avec transistors.

La leçon pratique 5 profite du fonctionnement du transistor en commutation pour réaliser un multivibrateur stable. La principale application de ce dernier est d'obtenir deux états logiques dans chaque sortie : zéro ou un logiques, opposés entre eux. Toute l'information digitale se codifie de la même manière, zéros ou uns logiques, connu sous le nom de code binaire. Dans de nombreuses applications, il est nécessaire, en plus du signal même, et selon ses changements, qu'il soit indiqué avec un résultat opposé, exprimé comme signal « refusé ».

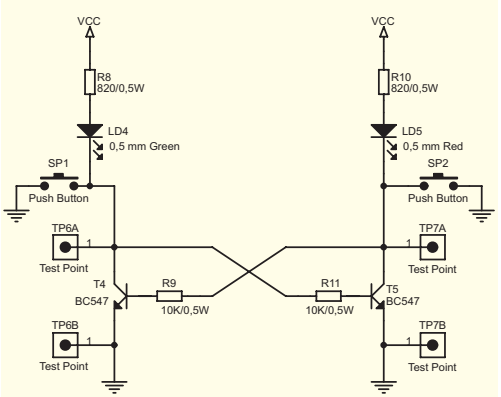


Schéma Electrique de la Leçon pratique 5

Afin d'illustrer le fonctionnement de la leçon pratique, on doit monitoriser les tensions Vce de chaque transistor. Pour cela, il faut connecter un voltmètre entre TP6A et TP6B, et un autre entre les points tests TP7.
L'exercice consiste à dénommer chaque bouton poussoir selon le fonctionnement de la balance, R ou S.

On l'appelle balance RS parce qu'un signal de contrôle situe la sortie du transistor principal ou « Q » à haut niveau, appelé S (Set). Lorsque l'autre signal, R (Reset), est activé, la sortie du transistor principal est placée à bas niveau. L'autre transistor fonctionne toujours de manière inverse au principal, dont la sortie est appelée Q (« Q

En activant le bouton poussoir vert, la base de T5 est envoyée à la masse par l'intermédiaire de R11. Le transistor s'établit en mode coupure et Vce = Vcc - Vled. La tension Vce du transistor T5, par l'intermédiaire de R9, situe le T4 en mode saturation; ce dernier fonctionnant en tant que court circuit permet l'illumination du led vert et maintient également T5 en mode coupure.
En activant le bouton poussoir rouge, le procédé se répètera en changeant l'état des modes coupure et saturation des transistors et en permettant l'illumination du led rouge.